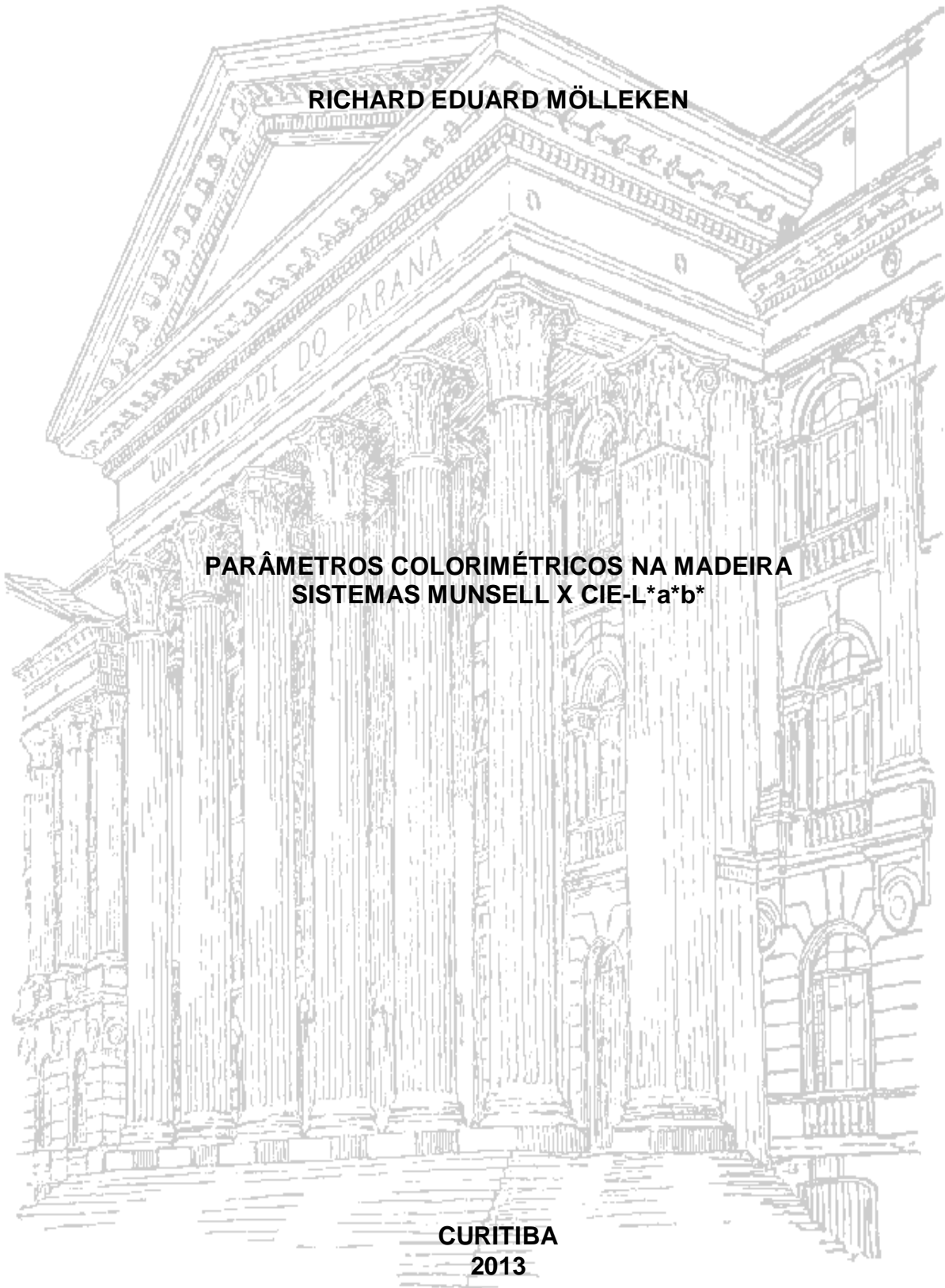


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

RICHARD EDUARD MÖLLEKEN

**PARÂMETROS COLORIMÉTRICOS NA MADEIRA
SISTEMAS MUNSELL X CIE-L*a*b***

**CURITIBA
2013**



RICHARD EDUARD MÖLLEKEN

**PARÂMETROS COLORIMÉTRICOS NA MADEIRA
SISTEMAS MUNSELL X CIE-L*a*b***

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Disciplina Estágio Profissionalizante em
Engenharia Industrial Madeireira -
Departamento de Engenharia e Tecnologia
Florestal, do Curso de Engenharia Industrial
Madeireira, Setor de Ciências Agrárias, da
Universidade Federal do Paraná, como requisito
parcial para a obtenção do título de “Engenheiro
Industrial Madeireiro”.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Silvana Nisgoski

**CURITIBA
2013**

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Paraná pela oportunidade e disponibilização dos laboratórios.

À minha mãe Kelli Cristina Mölleken pelo amor, incentivo e por acreditar em todas as fases da minha vida para a realização dos meus sonhos.

Aos meus amigos e companheiros do Laboratório de Anatomia e Qualidade da Madeira do Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal da Universidade Federal do Paraná.

Um agradecimento especial à minha orientadora Prof^a. Dr^a. Silvana Nisgoski, que sempre esteve presente no processo de elaboração deste trabalho, nos bons e maus momentos.

À Prof^a. Dr^a. Graciela Inés Bolzon de Muñiz pela amizade, incentivo e apoio, nos bons e maus momentos.

A todos os amigos que, direta ou indiretamente, ajudaram no desenvolvimento do estudo.

RESUMO

A cor é uma importante propriedade na madeira e no produto final mas, é difícil de ser quantificada. Pode variar dentro da espécie, entre regiões da mesma árvore, influenciada por solo, ataques de organismos xilófagos, fungos, umidade, exposição ao sol. Foram analisadas três espécies com madeira comercial, ipê (*Handroanthus* sp.), cabreúva (*Myrcarpus frondosus*) e orelha-de-macaco (*Enterolobium schomburgkii*). Os corpos de prova foram pisos, medindo aproximadamente (2x8x15) cm, 5 amostras por espécie, divididos em 12 seções, totalizando 60 medições por espécie. Com o auxílio de um espectrofotômetro de cor CM5 da Konica Minolta, obteve-se os parâmetros colorimétricos das amostras através dos sistemas de Munsell e CIE-L*a*b*, com o ângulo de observação de 2° e 10°. Os resultados mostraram a variação da cor entre as amostras da mesma espécie, nos dois sistemas de medição, e que o ângulo de observação tem pequena influência no sistema CIE-L*a*b*. De maneira geral a representação de cor através do sistema de Munsell resulta em imagens mais claras que a madeira original.

Palavras-chave: avaliação da cor; madeira; Munsell; CIE-L*a*b*.

ABSTRACT

Color is an important property in wood and final products but, it is difficult to quantify. It can be variable inside a specie, between regions in a tree, influenced by soil; attack of xylophages organisms, fungi, humidity, sun exposition. It were analyzed three species with commercial wood: ipê (*Handroanthus* sp.), cabreúva (*Myrocarpus frondosus*) and orelha-de-macaco (*Enterolobium schomburgkii*). The samples were 5 floor with approximately (2x8x15) cm by specie, divided into 12 sections, in a total of 60 lectures by specie. With an CM% spectrophotometer from Konica Minolta, was obtained the colorimetric parameters through Munsell and CIE-L*a*b* systems, with an observation angle of 2° and 10°. The results showed the color variation into samples of the same specie in both methods of measurement, and that the angle of observation had little influence in CIE-L*a*b* system. In general, the color representation by Munsell system results in more light images than original wood.

Keywords: color evaluation; Wood; Munsell; CIE-L*a*b*.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - REGIÃO VISÍVEL DO ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO.....	13
FIGURA 2 - A ÁRVORE DE COR (SISTEMA MUNSELL).	14
FIGURA 3 - SISTEMAS DE DESIGNAÇÃO PARA MUNSELL: (A) REPRESENTAÇÃO DO MATIZ "HUE" E (B) DIMENSÕES DA PERCEPÇÃO DE SUPERFÍCIE DE COR SÓLIDA.	15
FIGURA 4 - REPRESENTAÇÃO TRIDIMENSIONAL DO SISTEMA DE MUNSELL.	16
FIGURA 5 - CAMPO DE VISÃO DE 2° E 10° PELA DEFINIÇÃO DA CIE OBSERVADOR PADRÃO.	18
FIGURA 6 - CIE 2° VERSUS 10° OBSERVADOR PADRÃO.	18
FIGURA 7 - REPRESENTAÇÃO DO SISTEMA COLORIMÉTRICO CIE-L*A*B* (1976).	19
FIGURA 8 - (a) <i>Handroanthus</i> sp. - IPÊ, (b) <i>Myrocarpus frondosus</i> Allemão - CABREÚVA E (c) <i>Enterolobium schomburgkii</i> Benth – ORELHA-DE-MACACO..	20
FIGURA 9 - IMAGENS MACROSCÓPICAS. (A) <i>Myrocarpus frondosus</i> Allemão - CABREÚVA, (B) <i>Handroanthus</i> sp. - IPÊ, E (C) <i>Enterolobium schomburgkii</i> Benth – ORELHA-DE-MACACO.	24
FIGURA 10 - CURVA DE REFLECTÂNCIA PARA AS MÉDIAS DAS ESPÉCIES FLORESTAIS.....	30

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - VALORES MÉDIOS E DESVIO-PADRÃO PARA OS PARÂMETROS COLORIMÉTRICOS DE CADA AMOSTRA NO SISTEMA DE MUNSELL.	22
TABELA 2 - VALORES MÉDIOS E DESVIO-PADRÃO PARA OS PARÂMETROS COLORIMÉTRICOS DE CADA AMOSTRA NO SISTEMA CIE - $L^*a^*b^*$	25
TABELA 3 - VALORES MÉDIOS E DESVIO-PADRÃO PARA OS PARÂMETROS COLORIMÉTRICOS DO SISTEMA DE MUNSELL EM DIFERENTES ÂNGULOS DO OBSERVADOR PADRÃO.	27
TABELA 4 - VALORES MÉDIOS E DESVIO-PADRÃO PARA OS PARÂMETROS COLORIMÉTRICOS DO SISTEMA CIE - $L^*a^*b^*$, EM DIFERENTES ÂNGULOS DO OBSERVADOR PADRÃO.	27
TABELA 5 - VALORES MÉDIOS PARA OS PARÂMETROS COLORIMÉTRICOS DO SISTEMA DE MUNSELL.	28
TABELA 6 - VALORES MÉDIOS E DESVIO-PADRÃO PARA OS PARÂMETROS COLORIMÉTRICOS DO CIE - $L^*a^*b^*$	29
TABELA 7 - REPRESENTAÇÃO VISUAL DA COR DAS ESPÉCIES ESTUDADAS.	31

LISTA DE ABREVIATURAS E/OU SIGLAS

a*	-	Coordenada cromática verde-vermelho
ASTM	-	<i>American Society for Testing and Materials</i>
b*	-	Coordenada cromática azul-amarelo
C	-	Croma
CIE	-	<i>Commission Internationale de l'Éclairage</i>
H	-	Matiz
L*	-	Luminosidade
UFPR	-	Universidade Federal do Paraná
V	-	Valor

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVOS	11
3. REVISÃO DE LITERATURA	12
3.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE MADEIRA	12
3.2 COR	13
3.2.1 Técnicas de determinação da cor	14
3.2.1.1 Sistema de Munsell	14
3.2.1.2 Comissão Internacional de Iluminantes - CIE.	16
3.2.1.2.1 CIE - L*a*b*	18
4. MATERIAIS E MÉTODOS	20
4.1 MATERIAIS	20
4.2 MÉTODOS.....	20
4.2.1 Análise estatística	21
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	22
5.1 VARIAÇÃO DA COR ENTRE AS AMOSTRAS DE CADA ESPÉCIE	22
5.2 VARIAÇÃO DA COR COM O ÂNGULO DE OBSERVAÇÃO	27
5.3 VARIAÇÃO DA COR ENTRE AS ESPÉCIES	28
5.4 CURVA DE REFLECTÂNCIA DAS ESPÉCIES	30
5.5 ANÁLISE VISUAL DA COR	31
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	32
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33

1. INTRODUÇÃO

Cada vez mais as madeiras nativas, com desenhos e cores diferenciados, estão sendo empregadas como fonte principal de matéria-prima nas indústrias moveleiras, além de exportadas para outros mercados como pisos. O pouco conhecimento das propriedades dessas madeiras torna o uso e comercialização restrita a um pequeno grupo de espécies.

A cor é uma importante propriedade na madeira serrada e produto final, mas é difícil de ser quantificada. Pode variar dentro da espécie, entre regiões da mesma árvore, influenciada por tipo de solo, ataques de organismos xilófagos, fungos, umidade, exposição ao sol.

A análise colorimétrica, que corresponde ao processo utilizado para medir e analisar a composição da cor de substâncias é extremamente útil em diversos segmentos industriais. A cor corresponde à característica de uma radiação eletromagnética visível, de comprimento de onda situado em um pequeno intervalo do espectro eletromagnético (380 a 780) nm, sendo identificado como luz visível, estando esta faixa do espectro situada entre a radiação infravermelha e ultravioleta (WOODS, 2010).

Anteriormente, a análise da cor da madeira era baseada na Tabela de solos de Munsell, sendo em muitos casos, de baixa precisão, dependendo da acuidade visual da pessoa que analisava. A Comissão Internacional de Iluminantes desenvolveu o método CIELAB, melhorando a obtenção dos parâmetros de cor para um método matemático. Com o desenvolvimento de aparelhos de alta tecnologia, os espectrofotômetros, foi possível a aplicação mais rápida do método CIELAB, além da obtenção da curva de reflectância das amostras, aumentando a possibilidade de análise dos dados, resultado em uma maior precisão.

O ângulo de incidência da luz e a posição do observador influenciam na análise da cor da madeira entre os sistemas Munsell e CIE-L*a*b*. Assim, a partir dos parâmetros colorimétricos coletados em espectrofotômetro, verificou-se a precisão dos observadores e sistemas na determinação da cor da madeira.

2. OBJETIVOS

O trabalho tem como objetivo geral comparar os parâmetros de cor obtidos através de dois sistemas de medição, com variação no ângulo padrão de observação.

Os objetivos específicos são:

- Coletar os parâmetros de cor de três espécies florestais de uso comercial através dos sistemas de Munsell e CIE - $L^*a^*b^*$;
- Avaliar a variação de cor entre as amostras, dentro da espécie;
- Comparar o sistema Munsell com o CIE - $L^*a^*b^*$;
- Avaliar a influência do ângulo de observação em cada sistema;
- Avaliar a curva de reflectância das espécies.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE MADEIRA

A madeira é um material heterogêneo, apresenta diversas características resultantes de sua composição química e anatômica, possuindo diferentes tipos de células adaptadas a desempenharem funções específicas. As variações nas composições químicas, físicas e anatômicas da madeira são grandes entre espécies, embora dentro da mesma espécie também ocorram, em função principalmente da idade, fatores genéticos e ambientais (TRUGILHO et al., 1996).

Nisgoski (2005) comenta que a qualidade da madeira pode ser definida com base nos atributos que a fazem valiosa para um determinado uso final, dependendo de suas características intrínsecas que são afetadas por diversos fatores (genéticos, ambientais) durante a formação de células e tecidos.

Em função da crescente demanda do mercado na busca de um produto de melhor qualidade, surge a necessidade de medição de características da superfície para alguns tipos de materiais, dentre estes a madeira. Com a busca por novas tecnologias que garantam a uniformidade da qualidade dos produtos, tem se tornado constante, nestas indústrias, a análise através da colorimetria, que pode ser uma das metodologias rápidas aplicadas para superfícies de madeira (ATAYDE et al., 2011).

Porém, a cor da madeira não é estável, uma vez que tende a alterar-se com a ação externa do intemperismo, seja pela lixiviação ocasionada pela chuva ou ainda pela fotodegradação, além de diversos fatores internos que também influenciam na variação da cor da madeira, tais como: genética, anatomia, composição química e planos de observação (AMORIM et al., 2013).

Griebeler (2013) afirma que é importante o uso de uma técnica objetiva e precisa para a determinação da cor da madeira, para permitir a valorização de espécies pouco comercializadas, fazendo analogias com outras espécies já bastante exploradas e consolidadas no mercado.

3.2 COR

A cor é uma propriedade importante na análise de imagens realizada pelos seres humanos, seja com ou sem o auxílio do computador (MAENPAA et al, 2002), sendo definida de várias formas em função de seu peculiar caráter abstrato. É uma característica de objetos que emitem, refletem ou transmitem radiação na faixa visível. E, também, uma sensação criada pela radiação e interpretada ou lembrada pelo homem e alguns seres vivos (GRIEBELER, 2013).

Segundo Yu et al. (2009), a cor, comparada com outros atributos, é muito estável, insensível à rotação, escala e a outros tipos de deformação, mostrando robustez com vantagem de ser de cálculo simples. A cor é definida por Woods (2010) como a percepção visual provocada pela ação de um feixe de fótons sobre células específicas da retina, que a partir de informações pré-processadas no nervo óptico transmitem impressões ao sistema nervoso.

Isaac Newton, em 1666, demonstrou, através de experimentos, que a luz consiste de energia de diferentes comprimentos de onda. O olho é sensível a uma larga faixa de comprimentos de onda que vão, aproximadamente, de (400-700) nanômetros (bilionésima parte do metro). O espectro visível representa somente uma pequena fração do total espectro eletromagnético. Dentro do espectro visível alguns comprimentos de onda produzem certas sensações visuais. Por exemplo, os comprimentos de onda mais baixos desta faixa são percebidos como violetas ou azuis (região ultravioleta do espectro visível) e os mais altos são percebidos como vermelho (Violeta (380-440) nm, Azul (440-490) nm, Verde (490-565) nm, Amarelo (565-590) nm, Laranja (590-630) nm e Vermelho (630-780) nm), conforme a figura 1 (WOODS, 2010).

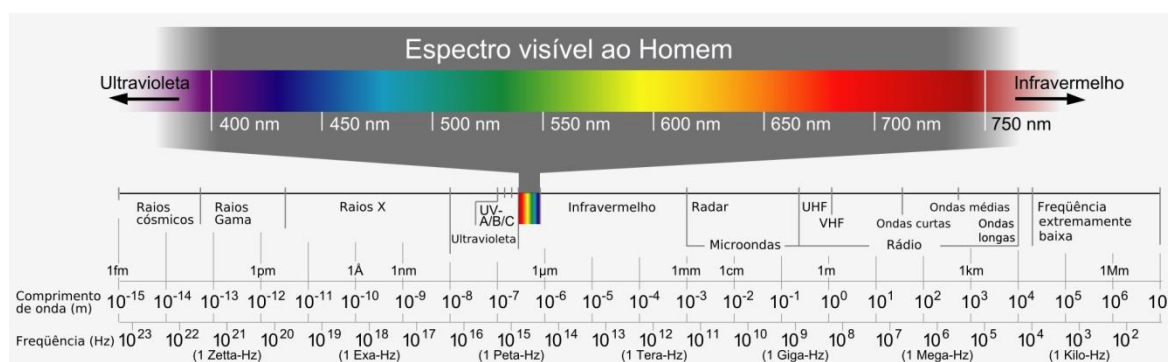


FIGURA 1 - REGIÃO VISÍVEL DO ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO.
FONTE: SOTO (2012).

3.2.1 Técnicas de determinação da cor

Os métodos para determinação da cor podem ser separados em comparativo e quantitativo. O método comparativo, ou sistema de ordenação de cores, mais conhecido é o sistema Munsell, que tem como base um atlas de cor que serve para selecionar, medir e comparar a aparência dos objetos. Por sua vez, o método quantitativo mais utilizado é a colorimetria, a ciência da medição da cor (GRIEBELER, 2013).

3.2.1.1 Sistema de Munsell

Criado pelo artista americano Albert H. Munsell, o sistema de Munsell, tem como objetivo um sistema que descreve a cor de uma forma racional. A partir de 1898, com a criação da esfera de cor, ou árvore (Figura 2), houve a expressão plena com a publicação "The Color Notacion", em 1905. Este trabalho foi reimpresso várias vezes e ainda é um padrão para colorimetria.

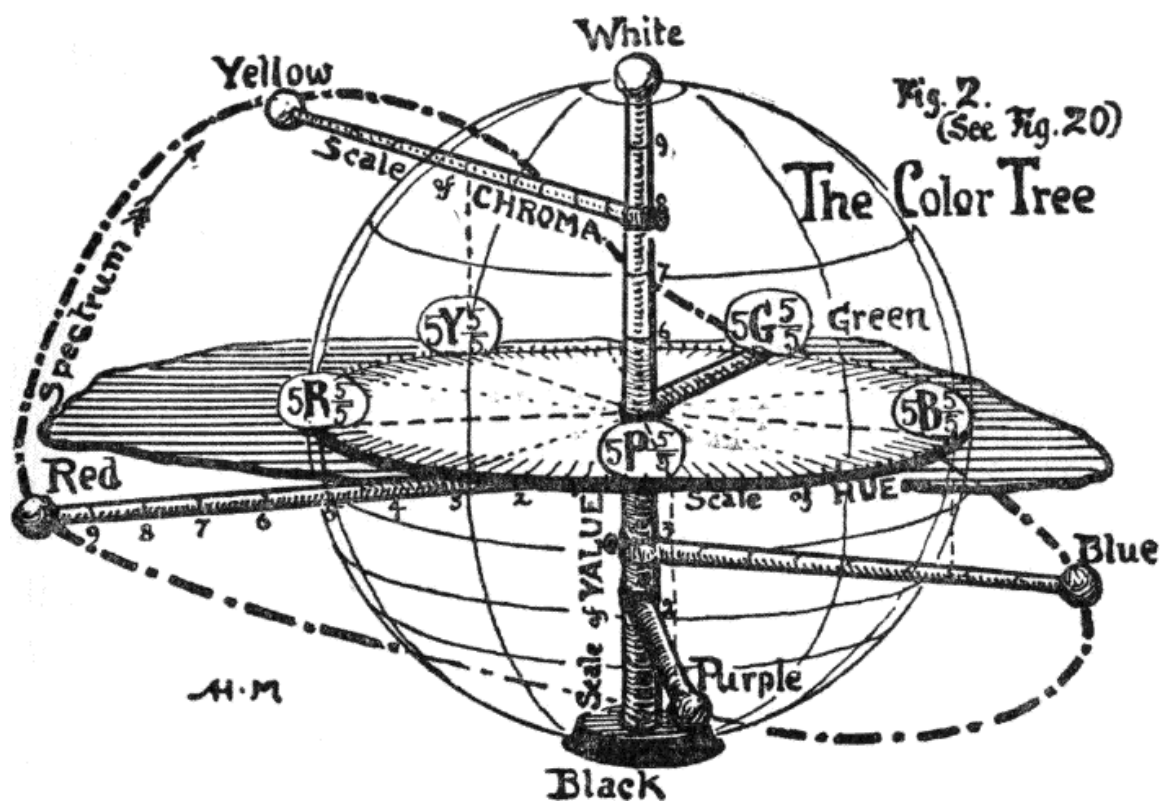


FIGURA 2 - A ÁRVORE DE COR (SISTEMA MUNSELL).
FONTE: MUNSELL (1905).

Munsell modelou seu sistema como uma esfera em torno de cujo equador corre uma faixa de cores. O eixo do globo é uma escala de valores de cinza neutro com branco como pólo norte, e preto como pólo sul. A extensão horizontal a partir do eixo de cada valor de cinza é uma gradação de cor progredindo de cinza neutro para a saturação completa. Com a definição destes três aspectos qualquer um dos milhares de cores poderia ser descrita integralmente. Munsell chamou estes aspectos, ou qualidades, Matiz ("Hue"), Valor ("Value") e Croma ("Chroma").

Define-se matiz (H) como a qualidade pela qual pode-se distinguir uma cor da outra, como um vermelho de um amarelo, um verde, um azul, ou um roxo (Figura 3a). O valor (V) é a qualidade pela qual se distingue uma cor clara de uma escura e o Croma (C) separa uma cor forte de uma fraca (Figura 3b) (ASTM-D1535, 2013).

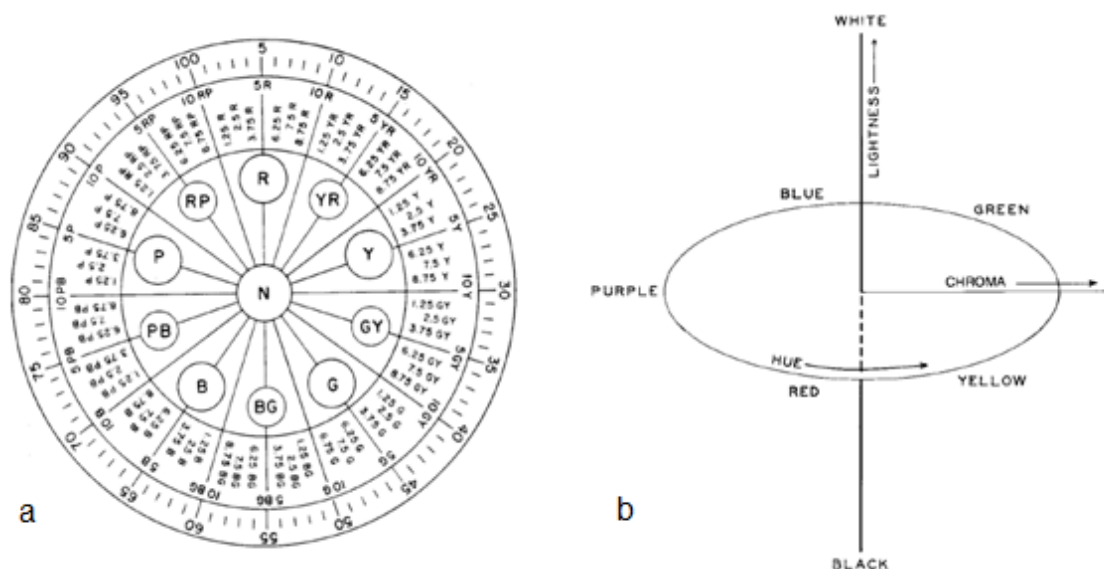


FIGURA 3 - SISTEMAS DE DESIGNAÇÃO PARA MUNSELL: (A) REPRESENTAÇÃO DO MATIZ "HUE" E (B) DIMENSÕES DA PERCEPÇÃO DE SUPERFÍCIE DE COR SÓLIDA. FONTE: ASTM-D1535 (2013).

No entanto, o cromia não é uniforme para todos os matizes em cada valor. Munsell viu que o cromia completo para matizes individuais pode ser alcançado em locais muito diferentes na esfera cor. O resultado das diferenças é que o que Munsell originalmente concebeu como uma esfera é radicalmente assimétrico. Uma representação sólida tridimensional do sistema de Munsell será semelhante ao apresentado na Figura 4.

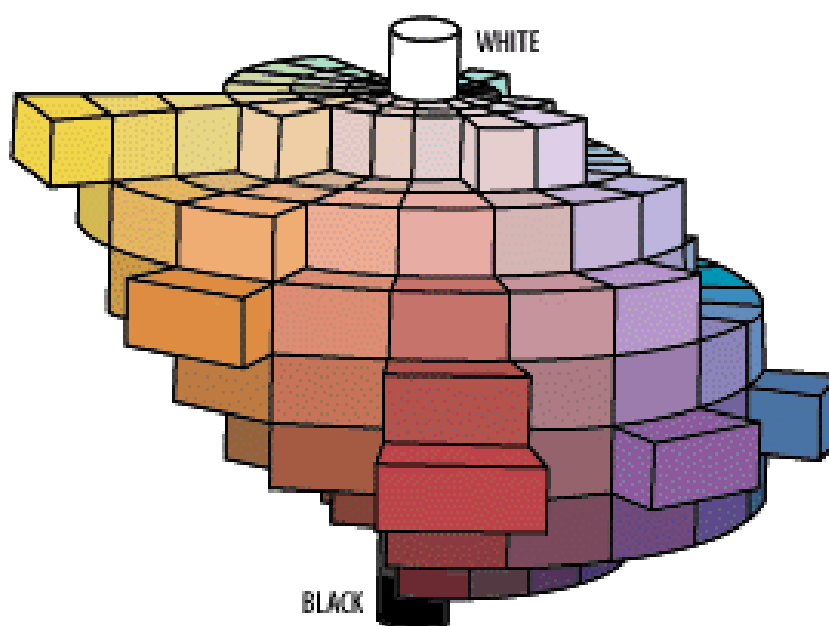


FIGURA 4 - REPRESENTAÇÃO TRIDIMENSIONAL DO SISTEMA DE MUNSELL.
FONTE: ADOBE SYSTEMS INCORPORATED © (2000).

A notação utilizada neste sistema coloca "Hue" (expressa por uma inicial) à esquerda; "Value" (expressa por um número) no lado direito e acima de uma linha, e "Chroma" (também expresso por um número), à direita, abaixo da linha:

$$Hue \quad Value / Chroma$$

3.2.1.2 Comissão Internacional de Iluminantes - CIE.

A Comissão foi fundada em 1913 por um conselho internacional de pesquisadores autônomos, com o objetivo de promover um fórum para a troca de ideias e informações e para padronizarem todos os termos relativos à iluminação. A primeira padronização ocorreu apenas em 1931, em Cambridge na Inglaterra (GONÇALEZ et al., 2001).

O modelo de cores CIE foi desenvolvido para ser completamente independente de qualquer dispositivo ou outros meios de emissão ou reprodução e baseia-se, tanto quanto possível, sobre a forma como os seres humanos percebem a cor. Os elementos chave do modelo CIE são as definições de fontes padrão e as especificações para um observador padrão (LEÃO et al., 2007).

Existem três tipos de fontes padrão definidos pela CIE:

- **Fonte A:** A lâmpada de tungstênio-filamento com uma energia radiante de 2854K
- **Fonte B:** Um modelo de meio dia solar com uma energia radiante 4800K
- **Fonte C:** Um modelo da luz do dia com uma energia radiante média de 6500K

As fontes B e C são realmente derivadas da origem A, através da utilização de filtros que alteram a distribuição de energia espectral. A CIE definiu uma série de artigos de iluminação da luz do dia chamado a série D Luz do dia. O iluminante D_{65} com uma energia radiante de 6500K é o mais comumente referenciado (LEÃO et al., 2007).

Em 1920, David Wright e John Guild, utilizaram voluntários humanos para desenvolver e quantificar a capacidade de cor padrão, através do observador humano. Com base em suas pesquisas a CIE em 1931, publicou o 2° Observador Padrão, chamado assim porque, durante a experiência de correspondência de cores, os voluntários podiam olhar através de um buraco que permitia uma visão de campo de apenas 2°. Acreditava-se que todos os cones de detecção de cor do olho estavam dentro de um arco de 2° em relação à fóvea, situado diretamente para trás a partir da retina do olho. O CIE (1932) 2° observador padrão, refere-se às experiências realizadas por cores projetadas com um espectro visível numa tela, as pessoas correspondiam cada luz com a cor espectral usando uma combinação de luzes vermelhas, verdes e azuis (HUNTERLAB, 2012).

Na década de 1960, percebeu-se que os cones no sistema visual humano são cobertos por um campo de visão maior do que se acreditava anteriormente. W. S. Stiles, J. M. Burch e N. I. Speranskaya repetiram os experimentos correspondentes visuais usando um campo de visão mais amplo e, em 1964, a CIE publicou o 10° observador padrão. A figura 5 representa os tamanhos relativos dos dois campos de visão (HUNTERLAB, 2012).

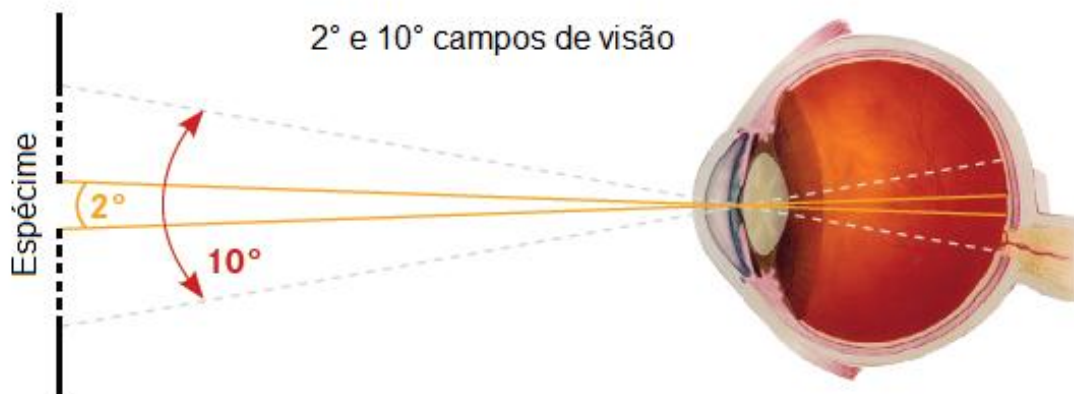


FIGURA 5 - CAMPO DE VISÃO DE 2° E 10° PELA DEFINIÇÃO DA CIE OBSERVADOR PADRÃO.

FONTE: HUNTERLAB (2012).

O CIE 1964 10° Observador padrão é mais recomendado por representar uma melhor resposta espectral de observadores humanos, porém é semelhante ao CIE 2° Observador padrão, conforme a figura 6. O ângulo de observação de 10° é recomendado desde 1964 pela CIE como apropriado para a maioria das aplicações de produtos baseados na cor, porém o ângulo de observação de 2° é bastante incorporado em muitas especificações de produtos industriais.

FUNÇÕES DE OBSERVADOR PADRÃO - CIE

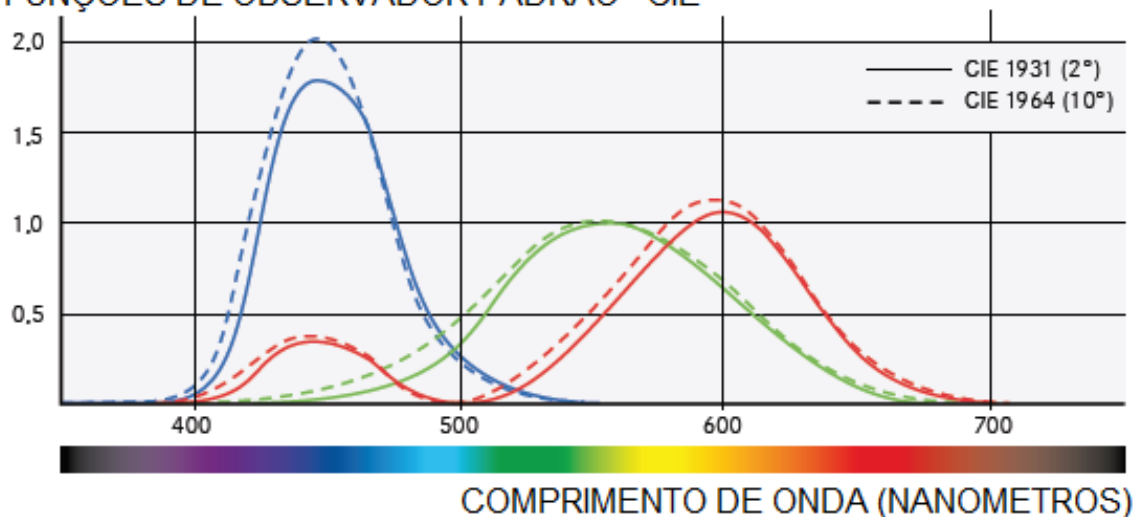


FIGURA 6 - CIE 2° VERSUS 10° OBSERVADOR PADRÃO.

FONTE: HUNTERLAB (2012).

3.2.1.2.1 CIE - $L^*a^*b^*$

Com o objetivo de fornecer uma melhor uniformidade perceptiva e correlação com a percepção humana das cores, o sistema CIELAB é o resultado

contínuo dos desenvolvimento de espaços de cores e variações do espaço XYZ. Seu antecessor foi o sistema de Richard Hunter chamado L, a, b, o qual esta baseado na teoria da oposição das cores correlacionada com a descoberta (1960) de que em algum lugar entre o nervo óptico e o cérebro os estímulos coloridos na retina são traduzidos em distinções entre claro e escuro, vermelho e verde, azul e amarelo (HOLDSHIP, 2008). Em 1976 a CIE adotou o sistema CIE-L*a*b*, que fornece um espaço mais uniforme da distribuição das cores, baseado em três elementos:

- Luminosidade ou claridade;
- Tonalidade ou matiz e
- Saturação ou cromaticidade.

O valor dos parâmetros colorimétricos de luminosidade (L^*) varia do branco ao preto e assume valor 0 (zero) para o preto absoluto e 100 para o branco total. O valor da coordenada cromática a^* pode variar de verde a vermelho e o valor da coordenada cromática b^* pode variar de azul a amarelo; analogamente à percepção das cores pelo cérebro, ou seja, cores opostas (Figura 7). Os valores destas variáveis encontram-se na faixa de 0 a 60, sem unidade de medida. Os pigmentos vermelho, verde, amarelo e azul são definidos pelas coordenadas $+a^*$, $-a^*$, $+b^*$ e $-b^*$ respectivamente (Gonzalez et al. 2001).

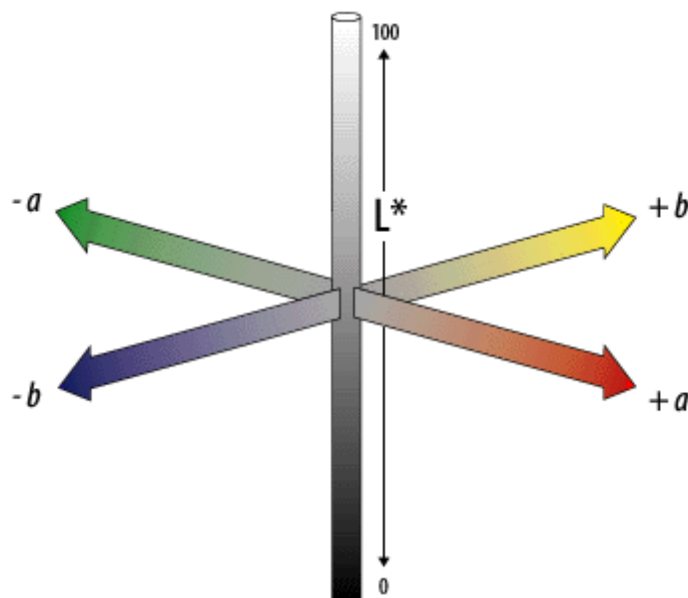


FIGURA 7 - REPRESENTAÇÃO DO SISTEMA COLORIMÉTRICO CIE-L*A*B* (1976).
 FONTE: ADOBE SYSTEMS INCORPORATED ©, 2000.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 MATERIAIS

Foram estudadas três espécies florestais (Figura 8) para a análise de cor, sendo elas:

- *Myrocarpus frondosus* Fr. Allem ("cabreúva"), coloração pardo-claro-rosado ao pardo-escuro-rosado (MAINIERI e CHIMELO, 1989);
- *Handroanthus* sp. ("ipê"), coloração pardo-acastanhado (MAINIERI e CHIMELO, 1989);
- *Enterolobium schomburgkii* Benth ("orelha-de-macaco") coloração castanho-claro-amarelado com estrias mais escuras (MAINIERI e CHIMELO, 1989);

As amostras foram identificadas macroscopicamente no Laboratório de Anatomia e Qualidade da Madeira, da Universidade Federal do Paraná. Os corpos de prova foram pisos, medindo aproximadamente 2 x 8 x 15 cm, totalizando 5 amostras por espécie, divididos em 12 seções, totalizando 60 medições por espécie.

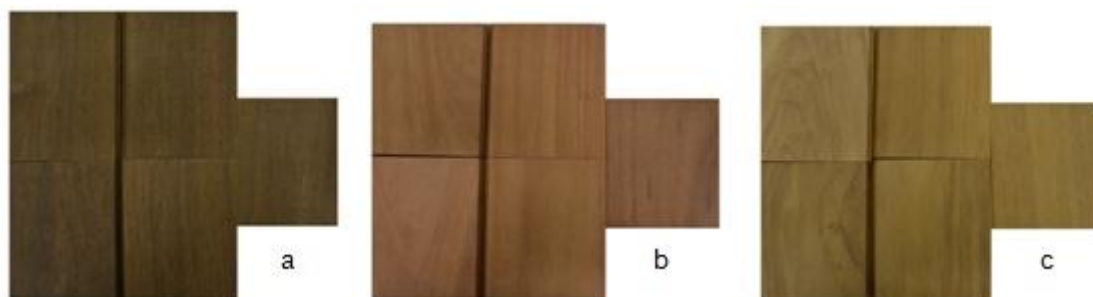


FIGURA 8 - (a) *Handroanthus* sp. - IPÊ, (b) *Myrocarpus frondosus* Allemão - CABREÚVA E (c) *Enterolobium schomburgkii* Benth – ORELHA-DE-MACACO.
FONTE: O AUTOR (2013).

4.2 MÉTODOS

Foi utilizado um espectrofotômetro KONICA MINOLTA CM-5, que faz uma varredura na superfície da amostra, do qual se obtém os parâmetros de cor da madeira. Sempre que o espectrofotômetro era utilizado, este era calibrado com os

padrões fornecidos pelo fabricante. Foram utilizados dois sistemas para a determinação da cor, o Munsell e o CIE - $L^*a^*b^*$, com o iluminante D_{65} (luz difusa), que simula a radiação solar diurna através da lâmpada de xenônio, variando o grau de observador padrão de 2° (CIE 1931) e 10° (CIE 1964).

Os parâmetros colorimétricos obtidos para o sistema de Munsell foram Matiz ("H"), Valor ("V") e Croma ("C"). E a luminosidade (L^*), matizes do eixo vermelho ($+a^*$) - verde ($-a^*$) e do eixo amarelo ($+b^*$) - azul ($-b^*$) para o sistema CIE- $L^*a^*b^*$. Os ensaios foram realizados na Universidade Federal do Paraná no Laboratório de Anatomia e Qualidade da Madeira.

As características anatômicas foram ilustradas através das imagens obtidas em Estereomicroscópio Discovery 12, da Zeiss, com o intuito de analisar a influência da estrutura celular na reflexão da luz.

4.2.1 Análise estatística

Os valores obtidos dos parâmetros colorimétricos foram comparados estatisticamente pelo teste de Tukey para comparação de médias a 5 % de probabilidade, mediante a utilização do programa computacional Statistica© 10.0.

4.2.2 Análise visual da cor

Para facilitar a comparação dos sistemas de análise de cor, foram obtidas imagens das amostras em câmera digital SLR NIKON D3100 com 14,2 Mega Pixels e sensor de imagem DX. Com os parâmetros resultantes da análise pelo Sistema de Munsell, obteve-se a representação da cor através da Tabela de Munsell disponível website IRTEL. Com os parâmetros colorimétricos do CIELAB obteve-se a representação das cores a partir do software livre OpenRGB versão 2,10,91215 disponível no website EasyRGB.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 VARIAÇÃO DA COR ENTRE AS AMOSTRAS DE CADA ESPÉCIE

A partir dos dados coletados pelo espectrofotômetro foram obtidas a média e desvio padrão por amostra dentro de cada espécie, para o sistema de Munsell (Tabela 1).

TABELA 1 - VALORES MÉDIOS E DESVIO-PADRÃO PARA OS PARÂMETROS COLORIMÉTRICOS DE CADA AMOSTRA NO SISTEMA DE MUNSELL.

OBSERVADOR PADRÃO 2°									
AMOSTRA	ORELHA DE MACACO			IPÊ			CABREÚVA		
	H	V	C	H	V	C	H	V	C
1	9,04YR b (0,28)	5,89 a (0,12)	4,70 b (0,16)	7,29YR b (0,49)	4,15 c (0,13)	2,74 c (0,18)	2,98YR a (0,23)	4,56 d (0,16)	3,81 b (0,28)
2	8,93YR ab (0,34)	5,86 a (0,26)	4,55 ab (0,19)	8,28YR a (0,20)	3,92 ab (0,11)	2,38 a (0,12)	3,63YR b (0,41)	4,81 ab (0,12)	4,39 a (0,12)
3	8,51YR a (0,49)	5,50 b (0,27)	4,34 a (0,29)	7,51YR b (0,39)	3,87 a (0,12)	2,18 b (0,17)	4,21YR c (0,27)	4,97 bc (0,13)	4,33 a (0,10)
4	8,92YR ab (0,53)	6,30 c (0,29)	4,42 a (0,11)	8,12YR a (0,32)	3,94 ab (0,11)	2,48 a (0,12)	3,12 a (0,27)	5,02 c (0,17)	4,45 a (0,09)
5	8,47YR a (0,48)	5,59 a (0,24)	4,32 b (0,15)	8,48YR a (0,30)	4,02 bc (0,08)	2,49 a (0,14)	3,95 bc (0,33)	4,80 a (0,12)	4,12 c (0,15)

OBSERVADOR PADRÃO 10°									
AMOSTRA	ORELHA DE MACACO			IPÊ			CABREÚVA		
	H	V	C	H	V	C	H	V	C
1	9,14YR c (0,16)	5,91 a (0,11)	4,76 c (0,23)	7,34YR a (0,40)	4,12YR c (0,12)	2,76 c (0,16)	2,95YR a (0,23)	4,54 c (0,15)	3,82 b (0,29)
2	8,94YR bc (0,32)	5,81 a (0,31)	4,52 ab (0,20)	8,31YR bc (0,29)	3,88 ab (0,14)	2,37 ab (0,18)	3,6YR c (0,34)	4,80 a (0,11)	4,39 a (0,15)
3	8,52YR ab (0,49)	5,49 b (0,25)	4,37 a (0,27)	7,48YR a (0,36)	3,86 a (0,12)	2,24 b (0,21)	4,22YR b (0,41)	4,97 ab (0,17)	4,35 a (0,09)
4	8,92YR abc (0,53)	6,31 c (0,27)	4,49 a (0,12)	8,08YR b (0,37)	3,92 ab (0,14)	2,49 a (0,13)	3,13YR a (0,24)	4,99 b (0,16)	4,48 a (0,09)
5	8,45YR a (0,48)	5,81 a (0,26)	4,75 bc (0,19)	8,52YR c (0,37)	4,01 bc (0,09)	2,50 a (0,13)	3,98YR b (0,26)	4,11 a (0,13)	4,11 c (0,14)

Média aritmética de 12 medições para cada amostra. Os valores entre parênteses representam o desvio-padrão da média. Médias seguidas pela mesma letra, dentro da mesma coluna, não se diferenciam estatisticamente ao nível de 95% de probabilidade de erro pelo teste de Tukey.

Os valores dos parâmetros colorimétricos apresentaram diferenças significativas entre as amostras de mesma espécie, como esperado em função das características intrínsecas do material, no que diz respeito às características anatômicas como dimensão e agrupamentos dos poros, obstrução por óleo resina e quantidade e distribuição do parênquima axial e radial (Figura 9).

Analisando-se o desvio padrão de cada amostra em cada espécie, observa-se que, de maneira geral, a característica que mais variou internamente foi o parâmetro da matiz.

O coeficiente de variação para os parâmetros colorimétricos dentro da espécie orelha-de-macaco foi de $H=5,51\%$, $V=5,92\%$ e $C=5,35\%$ no ângulo de observação de 2° , e de $H=5,53\%$, $V=6,06\%$ e $C=5,61\%$ para 10° . O parâmetro com maior variação estatística interna foi o “Valor” (V). Pode-se dizer que essas variações nas amostras de orelha-de-macaco são decorrentes da estrutura anatômica da madeira, a qual apresenta parênquima axial contrastado, aliforme losangular e confluyente, e uma grande parte dos vasos obstruídos por uma substância esbranquiçada como observado na Figura 9 (C).

Para a madeira do ipê, para o ângulo de observação 2° , os coeficientes de variação foram de $H=7,26\%$, $V=3,63\%$ e $C=9,36\%$, e $H=7,31\%$, $V=3,89\%$ e $C=9,60\%$, para 10° . O parâmetro com maior variação estatística interna foi o “Croma (C)”. O ipê apresenta poros pequenos, obstruídos por tilos e óleo-resina amarelada (Figura (B)).

Na cabreúva, os coeficientes de variação apresentaram para os parâmetros colorimétricos ao grau de observador de 2° e 10° coeficientes de variação de $H=15,69\%$, $V=4,43\%$, $C=6,76\%$ e $H=15,89\%$, $V=4,42\%$, $C=6,89\%$, respectivamente. Dentro dessa espécie o parâmetro da matiz, que indica a coloração no sistema de Munsell, apresentou uma alta variação.

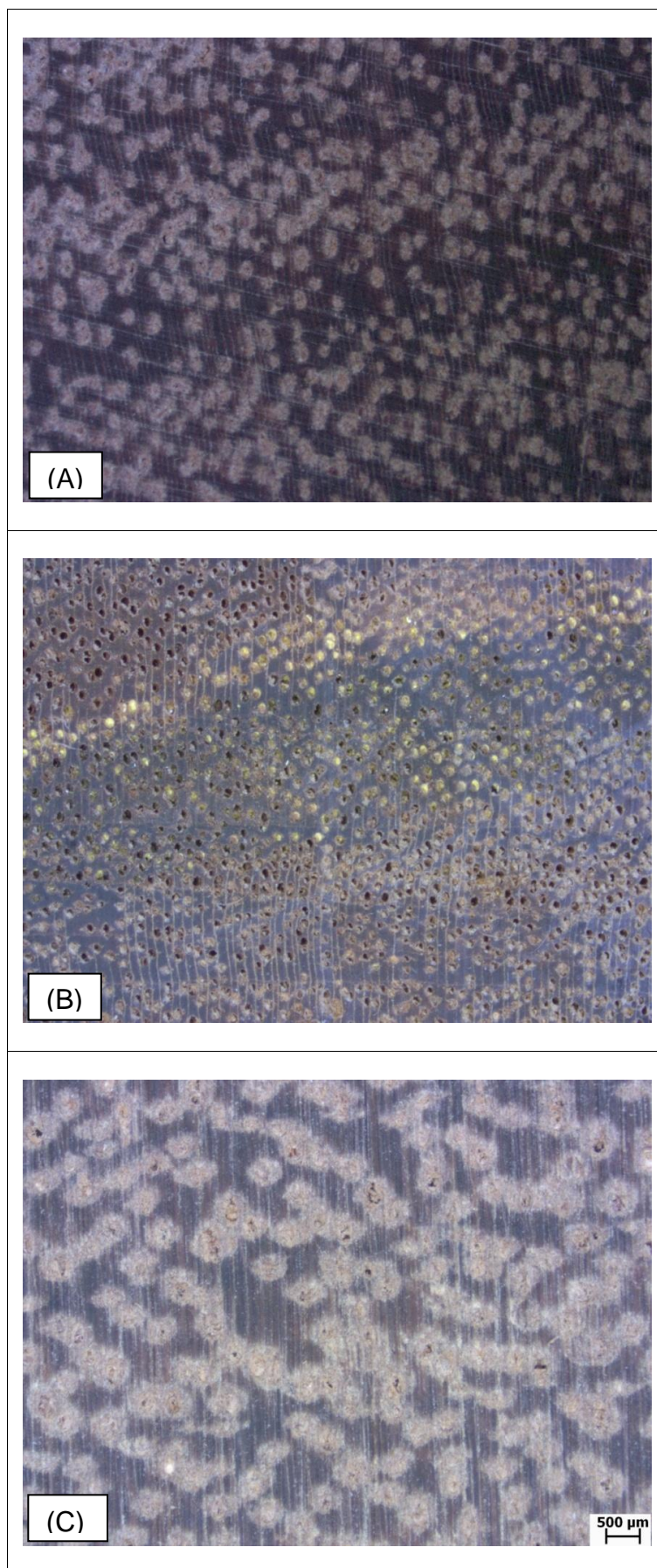


FIGURA 9 - IMAGENS MACROSCÓPICAS. (A) *Myrocarpus frondosus* Allemão - CABREÚVA, (B) *Handroanthus* sp. - IPÊ, E (C) *Enterolobium schomburgkii* Benth – ORELHA-DE-MACACO.

A partir dos dados coletados pelo espectrofotômetro foram obtidas a média e desvio padrão por amostra dentro de cada espécie, para o sistema CIE - $L^*a^*b^*$ (Tabela 2).

TABELA 2 - VALORES MÉDIOS E DESVIO-PADRÃO PARA OS PARÂMETROS COLORIMÉTRICOS DE CADA AMOSTRA NO SISTEMA CIE - $L^*a^*b^*$.

OBSERVADOR PADRÃO 2°									
AMOSTRA	ORELHA DE MACACO			IPÊ			CABREÚVA		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
1	61,12 a (1,38)	8,52 ab (0,34)	28,21 b (1,02)	43,01 b (1,23)	7,58 b (0,55)	15,36 b (0,87)	47,32 c (1,40)	14,02 a (0,96)	16,70 c (1,05)
2	59,78 a (2,94)	8,63 ab (0,43)	26,73 ab (1,60)	40,68 a (1,21)	6,14 a (0,31)	14,23 c (0,57)	49,62 a (1,14)	15,07 b (0,72)	19,72 ab (0,44)
3	56,78 b (2,75)	9,01 b (0,68)	24,94 c (1,80)	40,25 a (1,22)	6,41 a (0,59)	12,65 a (1,03)	51,42 b (1,36)	14,01 a (0,50)	20,29 b (0,76)
4	64,91 c (2,64)	8,11 a (0,89)	26,21 ac (1,15)	40,88 a (1,44)	6,57 a (0,28)	14,78 a (0,83)	51,94 b (1,33)	15,35 b (0,32)	19,30 a (0,48)
5	59,94 a (2,43)	9,80 c (0,70)	27,80 ab (1,52)	41,36 a (0,86)	6,18 a (0,36)	14,94 a (0,80)	49,41 a (1,25)	13,83 a (0,50)	18,96 a (0,61)

OBSERVADOR PADRÃO 10°									
AMOSTRA	ORELHA DE MACACO			IPÊ			CABREÚVA		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
1	60,29 a (1,12)	9,72 a (0,48)	27,35 a (0,81)	42,84 b (1,31)	8,04 b (0,57)	15,03 b (0,79)	46,77 d (1,67)	13,75 a (1,27)	15,95 c (1,39)
2	59,58 a (2,98)	9,49 ab (0,42)	26,11 a (1,29)	40,21 a (0,99)	6,50 a (0,41)	13,73 a (0,77)	49,34 ab (1,18)	15,03 b (0,56)	19,23 ab (0,56)
3	56,55 b (2,62)	9,71 a (0,52)	24,27 b (1,85)	40,04 a (0,84)	6,52 a (0,54)	11,94 c (0,79)	50,96 bc (1,64)	14,09 a (0,51)	19,74 b (0,84)
4	64,74 c (2,53)	8,94 b (0,81)	25,84 a (1,23)	40,73 a (1,36)	6,94 a (0,34)	14,18 ab (1,05)	51,89 c (1,66)	15,31 b (0,29)	18,85 ab (0,80)
5	59,24 ab (2,15)	10,85 c (0,57)	27,38 a (1,47)	41,27 a (0,71)	6,62 a (0,37)	14,56 ab (0,83)	49,09 a (1,45)	13,93 a (0,56)	18,47 a (0,76)

Média aritmética de 12 medições para cada amostra. Os valores entre parênteses representam o desvio-padrão da média. Médias seguidas pela mesma letra, dentro da mesma coluna, não se diferenciam estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste de Tukey.

A luminosidade (L) e os valores dos eixos cromáticos (a^* e b^*) apresentaram diferenças significativas entre as amostras de mesma espécie, como esperado em função das características intrínsecas do material, no que diz respeito à variação das características anatômicas como distribuição e dimensão dos poros, além do agrupamento e obstrução, variação na porcentagem de parênquima e raios e a inclinação da superfície em relação ao eixo de corte (plano de corte).

Analisando-se o desvio padrão de cada amostra em cada espécie, observa-se que, de maneira geral, a característica que mais variou internamente foi a luminosidade " L ".

O coeficiente de variação dentro da espécie orelha-de-macaco para os parâmetros colorimétricos foi de $L^*=5,91\%$, $a^*=9,54\%$ e $b^*=6,81\%$ no ângulo de observação de 2° , e de $L^*=5,86\%$, $a^*=8,60\%$ e $b^*=6,67\%$ para 10° .

Para o ipê, no ângulo de observação 2° , os coeficientes de variação foram de $L^*=3,67\%$, $a^*=10,26\%$ e $b^*=8,64\%$, e para 10° , foram de $L^*=3,54\%$, $a^*=10,56\%$ e $b^*=9,75\%$.

Na cabreúva os coeficientes de variação apresentaram para os parâmetros colorimétricos ao grau de observador de 2° e 10° foram de, $L^*=4,16\%$, $a^*=6,11\%$, $b^*=7,44\%$ e $L^*=4,65\%$, $a^*=6,50\%$, $b^*=8,65\%$, respectivamente.

Para as espécies orelha-de-macaco e ipê, o parâmetro a^* foi o que mais variou entre as amostras, representando a coordenada cromática do eixo verde-vermelho, enquanto para a cabreúva o que mais variou foi o parâmetro b^* , representando a coordenada cromática do eixo amarelo-azul.

A influência das características intrínsecas da madeira na variação da cor é ressaltada por Camargos e Gonzalez (2001), que citam fatores como a composição química, anatomia, método de derrubada da árvore, posição da amostra na árvore, meio ambiente, altura, diâmetro e idade da árvore, além dos fatores genéticos inerentes a cada espécie, como importantes na análise do material.

5.2 VARIAÇÃO DA COR COM O ÂNGULO DE OBSERVAÇÃO

Comparando-se o ângulo de observação no sistema Munsell (Tabela 3) observa-se que não há diferença estatística entre os parâmetros colorimétricos obtidos.

TABELA 3 - VALORES MÉDIOS E DESVIO-PADRÃO PARA OS PARÂMETROS COLORIMÉTRICOS DO SISTEMA DE MUNSELL EM DIFERENTES ÂNGULOS DO OBSERVADOR PADRÃO.

ESPÉCIE	OBSERVADOR PADRÃO 2°			OBSERVADOR PADRÃO 10°		
	H	V	C	H	V	C
Orelha de Macaco	8,77YR a (0,48)	5,87 a (0,35)	4,55 a (0,24)	8,80YR a (0,49)	5,86 a (0,35)	4,58 a (0,26)
Ipê	7,94YR a (0,58)	3,98 a (0,14)	2,45 a (0,14)	7,95YR a (0,58)	3,96 a (0,15)	2,47 a (0,24)
Cabreúva	3,58YR a (0,57)	4,83 a (0,21)	4,21 a (0,28)	3,58YR a (0,57)	4,82 a (0,21)	4,23 a (0,29)

Média aritmética de 60 medições para cada uma das espécies. Os valores entre parênteses representam o desvio-padrão da média. Médias seguidas pela mesma letra, entre o observador padrão, não se diferenciam estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste de Tukey.

Em relação ao sistema CIE-L*a*b* (Tabela 4) observa-se que há diferença estatística entre os ângulos de observação de 2° e 10° em alguns parâmetros de acordo com a espécie analisada.

TABELA 4 - VALORES MÉDIOS E DESVIO-PADRÃO PARA OS PARÂMETROS COLORIMÉTRICOS DO SISTEMA CIE - L*a*b*, EM DIFERENTES ÂNGULOS DO OBSERVADOR PADRÃO.

ESPÉCIE	OBSERVADOR PADRÃO 2°			OBSERVADOR PADRÃO 10°		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Orelha de Macaco	60,50 a (3,58)	8,82 a (0,84)	26,78 a (1,83)	60,08 a (3,51)	9,74 b (0,84)	26,19 a (1,75)
Ipê	41,24 a (1,51)	6,57 a (0,67)	14,39 a (1,24)	41,02 b (1,45)	6,92 b (0,73)	13,89 a (1,35)
Cabreúva	49,94 a (2,08)	14,46 a (0,88)	18,99 a (1,41)	49,61 a (1,45)	14,42 a (0,94)	18,45 b (1,59)

Média aritmética de 60 medições para cada uma das espécies. Os valores entre parênteses representam o desvio-padrão da média. Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada parâmetro colorimétrico entre o observador padrão, não se diferenciam estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste de Tukey.

Na espécie orelha-de-macaco, a luminosidade (L^*) e a coordenada cromática azul-amarelo (b^*), não apresentaram diferenças significativas, apenas a coordenada cromática verde-vermelho (a^*) variou entre os ângulos, com maior valor no ângulo de 10° . O ipê apresentou dois parâmetros colorimétricos com diferenças significativas entre os graus de observação, sendo que a luminosidade (L^*) diminuiu com o aumento do ângulo de observação e a coordenada verde-vermelho (a^*) aumentou. Para a cabreúva, a luminosidade (L^*) e a coordenada a^* não apresentaram diferenças pelo teste de Tukey, já a coordenada b^* aumentou com o aumento do ângulo de observação.

5.3 VARIAÇÃO DA COR ENTRE AS ESPÉCIES

Ao analisar os parâmetros colorimétricos entre as três espécies para o sistema Munsell (Tabela 5) e CIE- $L^*a^*b^*$ (Tabela 6) confirmou-se que há diferença estatística entre as espécies, uma vez que as amostras de orelha-de-macaco possuem coloração amarelada, as de cabreúva coloração rosada, e as de ipê coloração parda enegrecida.

TABELA 5 - VALORES MÉDIOS PARA OS PARÂMETROS COLORIMÉTRICOS DO SISTEMA DE MUNSELL.

ESPÉCIE	OBSERVADOR PADRÃO 2°	OBSERVADOR PADRÃO 10°
Orelha de Macaco	$8,77YR^{5,87}/_{4,55} a$	$8,80YR^{5,86}/_{4,58} a$
Ipê	$7,94YR^{3,98}/_{2,45} b$	$7,95YR^{3,96}/_{2,47} b$
Cabreúva	$3,58YR^{4,83}/_{4,21} c$	$3,58YR^{4,82}/_{4,23} c$

Média aritmética de 60 medições para cada uma das espécies. Médias seguidas pela mesma letra, dentro da mesma coluna para comparação entre espécie, não se diferenciam estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste de Tukey.

TABELA 6 - VALORES MÉDIOS E DESVIO-PADRÃO PARA OS PARÂMETROS COLORIMÉTRICOS DO CIE - L*a*b*.

ESPÉCIE	OBSERVADOR PADRÃO 2°			OBSERVADOR PADRÃO 10°		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Orelha de Macaco	60,50 a	8,82 a	26,78 a	60,08 a	9,74 a	26,19 a
Ipê	41,24 b	6,57 b	14,39 b	41,02 b	6,92 b	13,89 b
Cabreúva	49,94 c	14,46 c	18,99 c	49,61 c	14,42 c	18,45 c

Média aritmética de 60 medições para cada uma das espécies. Médias seguidas pela mesma letra, dentro da mesma coluna para comparação entre espécie, não se diferenciam estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste de Tukey.

A cor da madeira de orelha-de-macaco é caracterizada pelos parâmetros colorimétricos de luminosidade ($L^*=60,50$) e as coordenadas a^* (8,82) e b^* (26,78) para o ângulo de observador padrão 2°. No observador padrão 10° a Luminosidade foi de 60,08 e a coordenada a^* e b^* foram de 9,74 e 26,19, respectivamente. Mainieri e Chimelo (1989) indicam que a madeira de orelha-de-macaco é de cor castanho-claro-amarelado com estrias mais escuras, o que se caracteriza com um valor alto na coordenada azul-amarelo (b^*) indicando que a madeira é amarelada, entretanto a pigmentação na coordenada verde-vermelho (a^*) se faz presente, influenciando a composição total da cor na espécie. A madeira é classificada como de coloração clara em função da luminosidade, cujo valor é maior que 54, e pelo conjunto dos parâmetros a^* e b^* , como oliva amarelado (Camargos e Gonzalez, 2001).

Para a madeira de ipê no ângulo de observador padrão de 2°, os parâmetros colorimétricos no sistema CIE- $L^*a^*b^*$, são caracterizados como $L^*=41,24$; $a^*=6,57$ e $b^*=14,39$. Para o ângulo de observador 10°, os parâmetros colorimétricos foram $L^*=41,02$; $a^*=6,92$ e $b^*=13,89$. Mainieri e Chimelo (1989) classificam a madeira como pardo acastanhado. A luminosidade próxima a 41 e o conjunto dos valores referentes aos pigmentos, classificam a madeira como mais escura e de coloração marrom escura segunda o agrupamento de *cluster* analisado por Camargos e Gonzalez (2001).

Na madeira de cabreúva, tem-se valores para a luminosidade de 49,94 e para as coordenadas verde-vermelho e azul-amarelo, 14,46 e 18,99 respectivamente, para o ângulo de observador 2°. Os parâmetros colorimétricos

para o ângulo de observação 10° foram de $L^*=49,61$; $a^*=14,42$ e $b^*=18,45$. Mainieri e Chimelo (1989) classificam a madeira como pardo claro rosado a pardo escuro rosado, o que coincide com a análise de Camargos e Gonzalez (2001) que classificam o conjunto dos parâmetros como marrom avermelhado.

5.4 CURVA DE REFLECTÂNCIA DAS ESPÉCIES

Para comprovar a diferença de cor entre as espécies de acordo com a reflexão da luz, analisou-se a curva de reflectância. Em função da pigmentação resultante da composição química do material, observa-se (Figura 9) que a orelha de macaco que é a madeira mais clara, reflete mais, enquanto o ipê, com amostras mais escuras, apresenta comportamento contrário, refletindo menos.

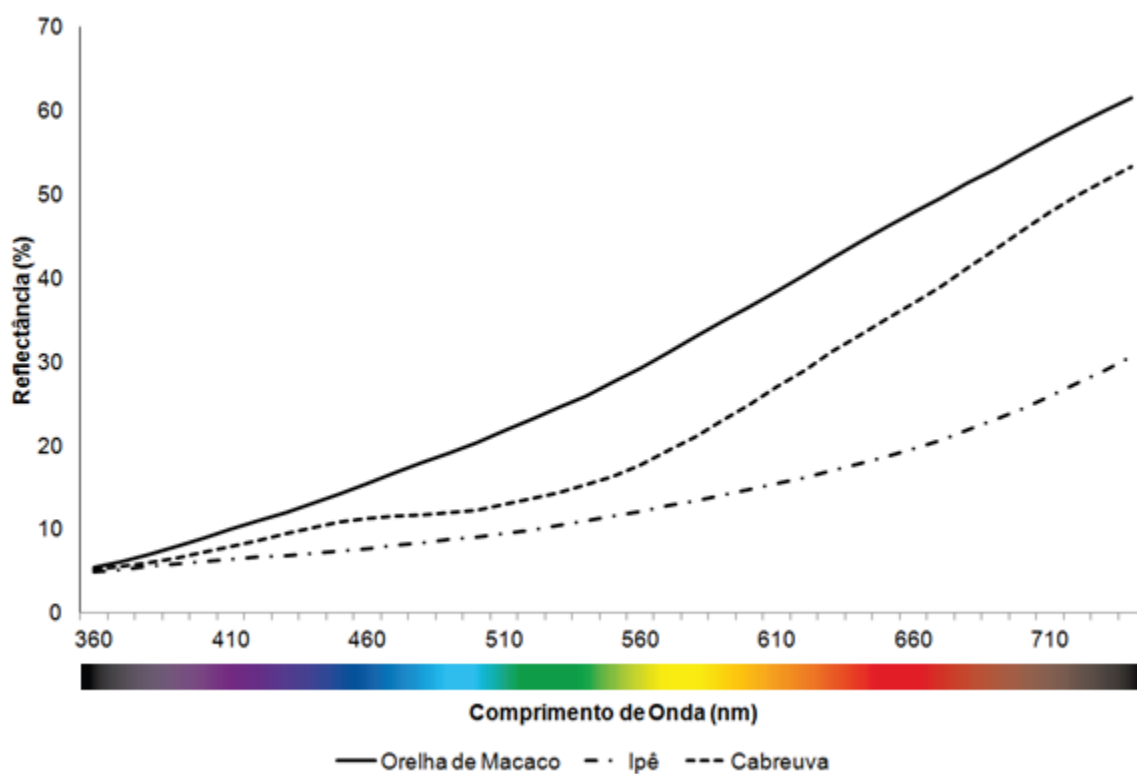










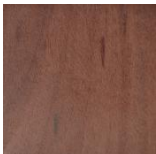



FIGURA 10 - CURVA DE REFLECTÂNCIA PARA AS MÉDIAS DAS ESPÉCIES FLORESTAIS.

Os valores de reflectância nas espécies estudadas variaram entre 5 e 62% na orelha-de-macaco, de 5% a 53% na cabreuva, e entre 5 e 31% no ipê. Observa-se ainda que, para as três espécies, os comprimentos de onda de maior reflectância estão na faixa (570 a 740) nm, onde, de acordo com Atayde et al. (2011) é a faixa das cores amarelo-laranja-vermelho.

5.5 ANÁLISE VISUAL DA COR

As imagens obtidas por câmera digital diretamente das amostras e produzidas através dos parâmetros colorimétricos do sistema Munsell e CIE $L^*a^*b^*$ foram agrupadas na Tabela 7 para melhor comparação.

TABELA 7 - REPRESENTAÇÃO VISUAL DA COR DAS ESPÉCIES ESTUDADAS.

ESPÉCIE	CÂMERA	CIE - $L^*a^*b^*$		MUNSELL
		OBSERVADOR PADRÃO 2°	OBSERVADOR PADRÃO 10°	OBSERVADOR PADRÃO 2° E 10°
Orelha de Macaco				
Ipê				
Cabreúva				

Visualmente, o sistema CIE - $L^*a^*b^*$, apresentou uma coloração mais próxima da imagem real da madeira. A notação de Munsell representada para as amostras de orelha-de-macaco ($10YR\ 6/4$), ipê ($7,5YR\ 4/2$) e cabreúva ($5YR\ 5/4$) ficaram de maneira geral, mais claras que a imagem da câmera e do sistema CIE- $L^*a^*b^*$.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em função dos resultados obtidos, observou-se que:

- houve variação dos parâmetros colorimétricos entre as amostras da mesma espécie nos sistemas de Munsell e CIE - $L^*a^*b^*$;
- o ângulo de observação apresentou pequena influência na determinação dos parâmetros colorimétricos apenas no sistema CIE - $L^*a^*b^*$;
- a curva de reflectância das espécies confirmou a diferença de cor entre as espécies que madeiras mais claras refletem mais a luz visível;
- , que mostrou uma melhor relação com a cor da madeira.
- pela análise visual da representação da cor gerada em função dos parâmetros obtidos no espectrofotômetro, o sistema Munsell apresentou uma coloração mais clara em relação ao CIE - $L^*a^*b^*$, que apresenta uma maior semelhança com a imagem original da madeira.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adobe Systems Incorporated. **The Munsell Color System**. 2000. Disponível em: http://dba.med.sc.edu/price/irf/Adobe_tg/models/main.html. Acesso em 02 de dezembro de 2013.

AMORIM P. G. R.; GONÇALEZ J. C.; CAMARGOS J. A. A. Propriedades da madeira de *Pinus caribaea* e *Eucalyptus grandis* estimadas por colorimetria. **Cerne**, Lavras, v. 19, n. 3, p. 461-466, jul./set. 2013.

ATAYDE, C. M.; GONÇALEZ, J. C.; CAMARGOS, J. A. Características colorimétricas entre as seções anatómicas da madeira de muirapiranga (*Brosimum sp.*). **Cerne**, Lavras, v. 17, n. 2, p. 231-235, abr./jun. 2011.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS. ASTM D1535. **Standard practice for specifying color by the Munsell system**. 2013.

CAMARGOS, J. A. A.; GONÇALEZ, J. C. A colorimetria aplicada como instrumento na elaboração de uma tabela de cores de madeira. **Brasil Florestal**, n. 71, setembro de 2001.

EasyRGB. OpenRGB. Disponível em: <http://www.easyrgb.com/index.php?X=SOFT>. Acesso em: 03/12/2013.

GONÇALEZ, J. C.; JANIN, G.; SANTORO, A. C. S.; COSTA, A. F. da; VALLE, A. T. do. Colorimetria quantitativa: uma técnica objetiva de determinar a cor da madeira. **Revista Brasil Florestal**. Ano XX. n. 72. p. 47 – 48. 2001.

GRIEBELER C. G. O. **Colorimetria da madeira de *Eucalyptus grandis* W.Hill ex Maiden modificada termicamente**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

LEÃO, A. C.; SOUZA, L. A. C.; ARAÚJO, A. A. **Gerenciamento de cores – ferramenta fundamental para a documentação digital de bens culturais**. Revista Brasileira de Arqueometria, Restauração e Conservação, v.1, n.4, p. 215 – 220, 2007

HOLDSCHIP, R. **A influência dos sistemas de gerenciamento de cores em provas digitais**. Bauru, 123f. Dissertação (Mestrado em Desenho Industrial) - Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2008.

HUNTERLAB. **CIE Standard Observers and calculation of CIE X, Y, Z color values**. AN 1002.00. p. 1-4, 2012.

MAENPAA, T.; PIETIKGNEN, M.; VIERTOLA, J. **Separating color and pattern information for color texture discrimination**. Object recognition supported by user interaction for service robots, p.668–671. 2002.

MAINIERI, C.; CHIMELO, J.P. **Fichas de características de madeiras brasileiras**. 2a ed. São Paulo: IPT, 1989. 418p. (publicação IPT No 1791).

MUNSELL, A.H. **A color notation**. Boston: G. H. Ellis. 90p. 1905.

IRTEL, H. MUNSELL COLOR SYSTEM. Disponível em:

http://irtel.uni-mannheim.de/colsys/Munsell_A0.pdf. Acesso em: 04/12/2013.

NISGOSKI, S. **Espectroscopia no infravermelho próximo no estudo de característica da madeira e papel de *Pinus taeda* L.** Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

SOTO, J. M. D.; GUTIÉRREZ, A. D. R.; GARCÍA, F. P.; SANDOVAL, O. A. Sistema de notación Munsell y CIELab como herramienta para evaluación de color en suelos. **Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas**, v.3, n.1, p. 141-155, 2012.

TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T. & MENDES, L. M. Influência da idade nas características físico-químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna*. **Cerne**, Lavras, v.2 , n.1, p.94-11, 1996.

YU, H., CAO, J.; LIU, Y.; LUO, W. **Non equal spacing division of hsv components for wood image retrieval**. 2nd International Congress on Image and Signal Processing. 2009

WOODS, R. C. G. **Processamento Digital de Imagens**. 3a Edição. Pearson prentice Hall. 2010.